

This Page Is Inserted by IFW Operations  
and is not a part of the Official Record

## **BEST AVAILABLE IMAGES**

Defective images within this document are accurate representations of the original documents submitted by the applicant.

Defects in the images may include (but are not limited to):

- BLACK BORDERS
- TEXT CUT OFF AT TOP, BOTTOM OR SIDES
- FADED TEXT
- ILLEGIBLE TEXT
- SKEWED/SLANTED IMAGES
- COLORED PHOTOS
- BLACK OR VERY BLACK AND WHITE DARK PHOTOS
- GRAY SCALE DOCUMENTS

**IMAGES ARE BEST AVAILABLE COPY.**

**As rescanning documents *will not* correct images,  
please do not report the images to the  
Image Problems Mailbox.**

**THIS PAGE BLANK (USPTO)**

(19)



JAPANESE PATENT OFFICE

09/373544

## PATENT ABSTRACTS OF JAPAN

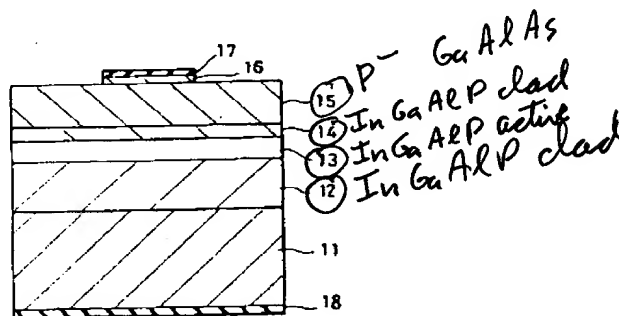
(11) Publication number: **03171679 A**(43) Date of publication of application: **25.07.91**(51) Int. Cl. **H01L 33/00**(21) Application number: **01310247**(22) Date of filing: **29.11.89**(71) Applicant: **TOSHIBA CORP**(72) Inventor: **SUGAWARA HIDETO  
ISHIKAWA MASAYUKI  
KOKUBU YOSHIHIRO**(54) **SEMICONDUCTOR LIGHT EMITTING DEVICE**

## (57) Abstract:

**PURPOSE:** To improve a light emitting section in current distribution so as to improve a semiconductor light emitting device in light inducing efficiency and luminance by a method wherein a second conductivity type GaAlAs layer is provided onto an InGaAlP layer of a light emitting section, where the GaAlAs layer is larger than the InGaAlP layer in both thickness and band gap.

**CONSTITUTION:** An  $N^- \text{In}_{0.5}(\text{Ga}_{1-x}\text{Al}_x)_{0.5} \text{P}$  clad layer 12, an  $\text{In}_{0.5}(\text{Ga}_{1-y}\text{Al}_y)_{0.5} \text{P}$  active layer 13, a  $P^- \text{In}_{0.5}(\text{Ga}_{1-z}\text{Al}_z)_{0.5} \text{P}$  clad layer 14, a  $P^- \text{Ga}_{1-p}\text{Al}_p\text{As}$  layer 15, and a  $P^- \text{GaAs}$  contact layer 16 are successively formed on the primary face of a substrate 11, and electrodes 17 and 18 are provided. The  $P^- \text{Ga}_{1-p}\text{Al}_p\text{As}$  layer 15 is formed much thickness than the  $P^- \text{In}_{0.5}(\text{Ga}_{1-z}\text{Al}_z)_{0.5} \text{P}$  clad layer 14. The structural difference between a light emitter device of this design and a conventional one is that the  $P^- \text{Ga}_{1-p}\text{Al}_p\text{As}$  layer 15 much thicker than the  $P^- \text{In}_{0.5}(\text{Ga}_{1-z}\text{Al}_z)_{0.5} \text{P}$  clad layer 14 is formed thereon. A current injected through an electrode is spread by a  $P^- \text{GaAlAs}$  layer to flow through a wide area excluding a region just under the electrode so as to expand a light emitting region, so that a semiconductor light emitting device can be improved in light inducing efficiency.

COPYRIGHT: (C)1991,JPO&amp;Japio



**THIS PAGE BLANK (USPTO)**

⑨ 日本国特許庁(JP)

⑩ 特許出願公開

## ⑫ 公開特許公報(A)

平3-171679

⑤ Int. Cl.<sup>3</sup>

識別記号

庁内整理番号

④ 公開 平成3年(1991)7月25日

H 01 L 33/00

A

8934-5F

審査請求 未請求 請求項の数 1 (全5頁)

⑤ 発明の名称 半導体発光装置

② 特 願 平1-310247

② 出 願 平1(1989)11月29日

⑦ 発 明 者 菅 原 秀 人 神奈川県川崎市幸区小向東芝町1 株式会社東芝総合研究所内  
 ⑦ 発 明 者 石 川 正 行 神奈川県川崎市幸区小向東芝町1 株式会社東芝総合研究所内  
 ⑦ 発 明 者 国 分 義 弘 神奈川県川崎市幸区小向東芝町1 株式会社東芝総合研究所内  
 ⑦ 出 願 人 株 式 会 社 東 芝 神奈川県川崎市幸区堀川町72番地  
 ⑦ 代 理 人 弁 理 士 大 胡 典 夫

## 明 細 書

## 1. 発明の名称

半導体発光装置

## 2. 特許請求の範囲

第1導電型の化合物半導体基板と、この化合物半導体基板上に InGaAsP層からなる発光部を有し、前記化合物半導体基板と反対側の面上の一部に形成された電極以外の面上から光を取り出す半導体発光装置において、前記発光部の InGaAsP層上にこの InGaAsP 層よりもバンドギャップが大きくかつ前記発光部の InGaAsP層よりも層厚が大きい第2導電型の GaAlAs層を具備してなることを特徴とする半導体発光装置。

## 3. 発明の詳細な説明

〔発明の目的〕

(産業上の利用分野)

本発明は半導体発光装置に係わり、特に InGaAsP 系半導体材料を使用した半導体発光装置に関する。

(従来の技術)

InGaAsP系材料は、窒化物を除くⅢ-V族化合物半導体混晶中で最大の直接遷移形エネルギーギャップを有し、0.5~0.6 $\mu$ m帯の発光素子材料として注目されている。特にGaAsを基板とし、これに格子整合するInGaAsPによる発光部を持つ pn接合形発光ダイオード(Light Emitting Diode: LED)は、従来のGaPやGaAsP等の間接遷移形の材料を用いたものに比べ、赤色から緑色の高輝度の発光が可能である。高輝度のLEDを形成するには、発光効率を高めることはもとより、素子内部での光吸収や、発光部と電極の相対的位置関係等により、外部への有効な光取出しを実現することが重要である。

第3図にInGaAsP発光部を有する従来のLEDの断面図を示す。

第3図に示すように、n-GaAs基板31の一主面にn-InGaAsPクラッド層32、n-InGaAsP活性層33、p-InGaAsPクラッド層34、p-InGaP中間エネルギーギャップ層35、p-GaAsコンタクト層36が順次積層し構成され、このp-GaAsコンタクト層36にはp側電極37、また、上記n-GaAs基板31の他方の主面にはn側電極

38が形成されて発光素子が構成されている。そして、この素子中における電流分布39を矢印で、発光部30には打点を施して示してある。

各層のAl組成は高い発光効率が得られるように設定され、発光層となる活性層のエネルギーギャップは2つのクラッド層より小さいダブルヘテロ接合が形成されている。なお、以下ではこのようなダブルヘテロ接合構造をもつLEDについて記すが、以下で問題とする光の取出し効率を考える上では、活性層部の層構造は本質ではなく、シングルヘテロ接合構造やホモ接合構造でも同様に変えることができる。

第3図に示したような構造では、p-InGaAsPクラッド層34の抵抗率がn-InGaAsPクラッド層32に比べて大きいので、クラッド層34中での電流広がりには殆どなく、発光部は中間エネルギーギャップ層35、コンタクト層36及び電極37の直下のみとなり、上面方向への光の取出し効率は非常に低かった。

第4図はInGaAsP発光部を持つ他のLEDを示す構造断面図であり、図中41～48はpnの関係が逆となっているだけで第3図の31～38に対応している。中間エ

ネルギーギャップ層45は、コンタクト層46側でなく基板41側に配置されている。この図に示したような構造では、抵抗率の高いp-InGaAsPクラッド層42を基板41側に配置することにより、n-InGaAsPクラッド層44での電流広がり(電流分布49)は第3図に示した従来例に比べ若干大きくなっている。しかしながら、発光部40の大部分はやはりコンタクト層46及び電極47の直下となり、光の取出し効率の大きな改善は認められなかった。

(発明が解決しようとする課題)

上記従来のInGaAsPからなる発光部を持つ半導体発光装置においては、発光部における電流分布の状態から大きな光の取出し効率は得られず、高輝度化を実現するのは極めて困難であった。

本発明は、上記事情を考慮してなされたもので、その目的とするところは、InGaAsPからなる発光部における電流分布を改善し、光の取出し効率及び輝度の向上をはかり得る半導体発光装置を提供することにある。

(発明の構成)

(課題を解決するための手段)

本発明の半導体発光装置は、第1導電型の化合物半導体基板と、この化合物半導体基板上にInGaAsP層からなる発光部を有し、前記化合物半導体基板と反対側の面上の一部に形成された電極以外の面上から光を取出す半導体発光装置において、前記発光部のInGaAsP層上にこのInGaAsP層よりもバンドギャップが大きくかつ前記発光部のInGaAsP層よりも層厚が大きい第2導電型のGaAs層を具備してなることを特徴とする。

(作用)

本発明の半導体発光装置は、光取出し側の電極下方に発光部として形成されたInGaAsP層よりも抵抗率の低い第2導電型GaAs層が存在するので、電極から注入された電流はGaAsコンタクト層を通過してGaAs層に注入され、広範囲に広がることになる。従って、電極直下以外の領域に発光領域を広げることができる。さらに、発光部が発光した光の波長に対して透明になるようにGaAs-pAlpAs層のAl組成層を選択することにより、光の導出効率を向上させるこ

とが可能となる。

(実施例)

以下、本発明の実施例につき図面を参照して説明する。

第1図に本発明の一実施例にかかる半導体発光装置の構造の概要を断面図で示す。第1図に示すように、n-GaAs基板11の一主面上に、n-In<sub>0.5</sub>(Ga<sub>1-x</sub>Al<sub>x</sub>)<sub>0.5</sub>Pクラッド層12、In<sub>0.5</sub>(Ga<sub>1-y</sub>Al<sub>y</sub>)<sub>0.5</sub>P活性層13、p-In<sub>0.5</sub>(Ga<sub>1-x</sub>Al<sub>x</sub>)<sub>0.5</sub>Pクラッド層14、p-Ga<sub>1-p</sub>Al<sub>p</sub>As層15、p-GaAsコンタクト層16が順次積層され、このコンタクト層16上にAu-Znでなるp側電極17、前記n-GaAs基板11の他方の主面にAu-Geでなるn側電極18が夫々形成されている。また、上記p-GaAs層15はp-InGaAsP層14よりも十分厚く形成されている。

第2図は、第1図に示した装置の素子内での電流分布及び発光部を示す。同図に素子内での電流分布29を破線矢印で、また発光部20を施打点で夫々示している。InGaAsP各層のAl組成X、Y、Zは高い発光効率が得られるように、Y ≤ X、Y ≤ Zを満たす。即ち発光層となる活性層13のエネルギーギャップは

p、nの2つのクラッド層12、14より小さいダブルヘテロ接合が形成されている。又、p-GaAs層のA2組成層は活性層13の発光波長に対して透明となるように、活性層13よりもバンドギャップが大きく選ばれている。なお、以下は、このようなダブルヘテロ接合構造をもつLEDについて記すが、光の取出し効率を考える上では、活性層部の層構造は本質ではなく、シングルヘテロ接合構造や、ホモ接合構造でも同様に考えることができる。

第1図及び第2図に示した構造において、各層の厚さ、キャリア濃度は以下に括弧内に示すように設定されている。n-GaAs基板11(80 $\mu$ m、 $3 \times 10^{18}$ cm $^{-3}$ )、n-InGaAsPクラッド層12(1 $\mu$ m、 $5 \times 10^{17}$ cm $^{-3}$ )、InGaAsP活性層13(0.5 $\mu$ m、アンドープ)、p-InGaAsP層14(0.2 $\mu$ m、 $4 \times 10^{17}$ cm $^{-3}$ )、p-GaAs層15(3 $\mu$ m、 $3 \times 10^{18}$ cm $^{-3}$ )、p-GaAs層16(0.1 $\mu$ m、 $3 \times 10^{18}$ cm $^{-3}$ )である。

上記構造が従来の構造と異なる点は、p-InGaAsPクラッド層12上にそれよりも十分厚いp-GaAs層15を形成したことであり、この構造の優位性について

ラッド層14とp-(Ga $_{0.5}$ As $_{0.5}$ )層15で上記キャリア濃度における抵抗率は、それぞれp-クラッド層14で1 $\Omega$ cm、p-(Ga $_{0.5}$ As $_{0.5}$ )層15で0.05 $\Omega$ cmとなっている。このように抵抗率の差が、大きいと電極から注入された電流は、p-クラッド層14に達する前に、p-GaAs層15で広域に広げられる。

上述した積層構造で、In $_{0.5}$ (Ga $_{0.5}$ As $_{0.5}$ ) $_{0.5}$ P活性層のA2組成Yに0.3を用いて素子を構成し順方向に電圧を印加し電流を流したところ第2図に示した電流分布となり、p側電極(Au-Zn)17部を除いた素子表面広域から610nmにピーク波長を有する発光が得られた。

なお、本発明は、上述した実施例に限定されるものではない。実施例では活性層の組成としては、In $_{0.5}$ (Ga $_{0.5}$ As $_{0.5}$ ) $_{0.5}$ Pを用いたが、A2組成を変化させることによって赤色から緑色域にわたる可視光領域の発光を得ることができる。さらに、クラッド層の組成は実施例ではIn $_{0.5}$ (Ga $_{0.5}$ As $_{0.5}$ ) $_{0.5}$ Pを用いたが、キャリアの閉じ込めに十分な活性層とのバンドギャップ差があればよく、この組成に限るもの

は、以下に説明する。

第3図に示すような従来構造においては、p-InGaAsPクラッド層34での電流広がり、抵抗率が高いため小さい。膜厚を厚くすることによって電流広がりを大きくすることが考えられるが、このInGaAsP材料系においては、熱伝導率が悪く厚膜にすることによって結晶品質が低下し、また上層への悪影響も現われるため好ましくない。又、InGaAsP系半導体材料は、結晶品質の上から成長速度が制限され、厚膜の成長を行う場合には成長時間の延長を行わなければならない。このことは、クラッド層の不純物として拡散性の高いものを使用した場合活性層への不純物拡散がおこり、素子特性の低下を引き起す。このため、InGaAsP層を厚膜に成長することはむずかしい。これに対しGaAsと格子整合し、低抵抗率、速い成長速度を得ることが可能なp-GaAs層15をp-InGaAsPクラッド層14上に形成することによって、電極から注入された電流をp-GaAs層15で広げることができ、電極直下部以外の広域で発光が可能となる。本実施例に用いたp-In $_{0.5}$ (Ga $_{0.5}$ As $_{0.5}$ ) $_{0.5}$ Pク

ではない。また、実施例では、InGaAsP活性層13とp-GaAs層15の間にp-InGaAsPクラッド層14を形成したが、InGaAsP活性層13上に直接p-GaAs層15を形成した構造としても同様の効果を得ることができる。ただしこの構造とした場合、活性層13とのバンドギャップ差がp-InGaAsPクラッド層14を形成した場合より小さくなるため、上記実施例構造よりもキャリアのオーバーフローが起りやすく、素子特性がやや劣ってしまう。しかしながら、p-GaAs層での電流広がりにより、従来構造よりは、はるかに高い光の導出効率を得られるためこの構造を採用する有意性は高い。上に述べた構造以外にもA2組成の異なるInGaAsPで形成された発光部上にGaAs層を形成した構造あるいは、InGaAsP層とGaAs層とで発光部を形成した構造とした場合においても同様の効果を得られることは言うまでもない。

またGa $_{1-p}$ As $_p$ 層のA2組成層は、実施例では0.8を用いたが発光部からの発光波長に対して透明であるのに十分なバンドギャップをもっておればよく、この組成に限るものではない。その他、本発明の要

旨を逸脱しない範囲で種々変形して実施することができる。

〔発明の効果〕

叙上の如く本発明によれば、 $\text{In}_{1-y}(\text{Ga}_{1-x}\text{Al}_x)_y\text{P}$ 系材料 ( $0 \leq x \leq 1$ ,  $0 \leq y \leq 1$ ) を用いた半導体発光装置において、p-InGaAlPクラッド層上に、そのクラッド層よりも十分膜厚の厚く、低抵抗率のp-GaAlAs層を形成することによって、電極部から注入された電流は、p-InGaAlPクラッド層に達する前にp-GaAlAs層で電極直下以外の広域まで広げられる。従って電極直下以外の広域に発光領域を広げることができこれにより光の導出効率を向上させることが可能となり、高輝度の半導体発光装置を実現することができる。

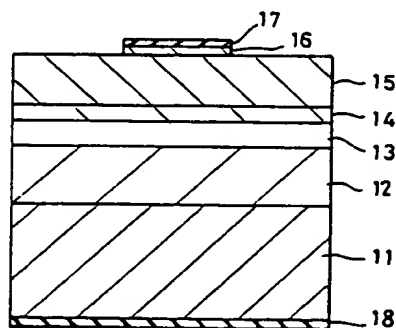
4. 図面の簡単な説明

第1図は、本発明の一実施例に係る半導体発光装置の概略の構造を示す断面図、第2図は上記実施例の素子内での電流分布及び発光部を示す断面図、第3図は従来例の半導体発光装置の概略の構造を示す断面図、第4図は従来例の素子内における電流分

布と発光部を示す断面図である。

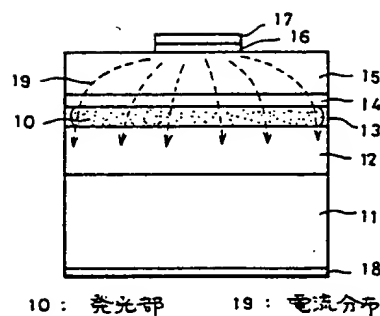
- 11…n-GaAs基板
- 12…n-InGaAlPクラッド層
- 13…InGaAlP活性層
- 14…p-InGaAlPクラッド層
- 15…p-GaAlAs層
- 16…p-GaAsコンタクト層
- 17…p側電極
- 18…n側電極
- 10…発光部

代理人 弁理士 大 胡 典 夫



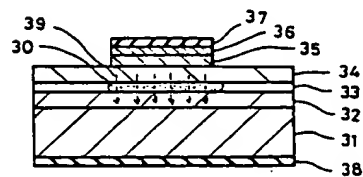
- 11 : n-GaAs基板
- 12 : n-InGaAlPクラッド層
- 13 : InGaAlP活性層
- 14 : p-InGaAlPクラッド層
- 15 : p-GaAlAs層
- 16 : p-GaAsコンタクト層
- 17 : p側電極
- 18 : n側電極

第 1 図



- 10 : 発光部
- 19 : 電流分布

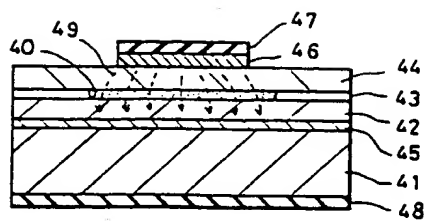
第 2 図



- 31 : n-GaAs基板
- 32 : n-InGaAlPクラッド層
- 33 : InGaAlP活性層
- 34 : p-InGaAlPクラッド層
- 35 : p-InGaP層
- 36 : p-GaAsコンタクト層
- 37 : p側電極
- 38 : n側電極
- 30 : 発光部
- 39 : 電流分布

第 3 図





第 4 図

**THIS PAGE BLANK (USPTO)**